

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СТАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ МЕТОДОМ ПЛАНИРУЕМОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Пономарев А. П.

Руководитель – доцент, доктор технических наук Стеблянко В. Л.
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск,
antonpon@mail.ru

В работе изучено влияние основных технологических параметров процесса плазменно-электролитной обработки на механические свойства металлоизделий на примере упрочнённой стальной ленты. Получена математическая модель, отражающая зависимость относительного изменения относительного удлинения ленты от подводимой плотности мощности и времени обработки. Установлены наиболее благоприятные режимы плазменно-электролитной обработки для достижения требуемого уровня механических свойств обрабатываемых изделий.

Деформационно-прочностные свойства металлоизделий во многом определяют возможность их использования в той или иной сфере. Часто необходимо увеличить пластичность материала при сохранении его прочностных характеристик. Например, нередко повышение пластичности требуется для бронекабельной ленты с цинковым покрытием, сформированным из расплава цинка, так как у потребителей такой ленты периодически возникают проблемы с её применением из-за обрывов при укладывании на кабели [1]. Повысить деформационные свойства материала при сохранении его прочности можно различными способами. К одним из них относится плазменно-электролитная обработка поверхности металлоизделия. Данный способ позволяет управлять задаваемым уровнем механических свойств в зависимости от установленных требований к изделию посредством регулирования основных технологических параметров процесса обработки: подводимой плотности мощности и времени воздействия плазмой [2].

Целью работы является исследование влияния плотности мощности и времени плазменно-электролитной обработки на деформационно-прочностные характеристики металлоизделий.

Экспериментальные исследования проводились в Лаборатории слоистых композиционных материалов и покрытий МГТУ им. Г.И. Носова под руководством профессора В.Л. Стеблянко. Для того, чтобы изучить влияние технологических параметров плазменно-электролитной обработки

на деформационно-прочностные свойства металлоизделий, был использован метод планирования полного факторного эксперимента. В результате применения этого метода получают экспериментальные факторные модели, которые представляют собой формальные зависимости выходных параметров от внутренних и внешних параметров объекта [3].

В качестве модельного объекта была выбрана упрочнённая холоднокатаная стальная лента. Образцы ленты подвергали плазменно-электролитной обработке при определённых значениях технологических параметров, а затем испытывали на растяжение в соответствии с ГОСТ 11701-84 «Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент».

В ходе исследований было установлено, что при всех режимах плазменно-электролитной обработки прочность материала сохраняется на уровне до обработки. Максимальное снижение временного сопротивления составило 1,8 % по сравнению с исходным состоянием. При этом наблюдается существенный прирост относительного удлинения после разрыва (до 36,3 % по отношению к первоначальным показателям) [4].

Задача построения математической модели была сформулирована следующим образом: оценить относительное изменение относительного удлинения стальной ленты в зависимости от варьируемых факторов, в качестве которых были выбраны подводимая плотность мощности и время воздействия плазмой. Выбор плотности мощности в качестве варьируемого фактора произведён с целью получения более общего характера модели, уменьшения размерности задачи и исключения влияния частных конструктивных и режимных параметров процесса.

Обозначим:

q – плотность мощности (Вт/см²);

t – время плазменно-электролитной обработки (с);

$\Delta\delta$ – относительное изменение относительного удлинения, %.

По результатам предварительных испытаний были определены границы варьирования для выбранных факторов:

$$q = 84 - 118 \text{ Вт/см}^2;$$

$$t = 30 - 90 \text{ с.}$$

За пределами этих границ зависимости относительного изменения относительного удлинения от технологических параметров плазменно-электролитной обработки имеют сильно нелинейный характер.

В ходе исследований был проведён ряд опытов согласно заранее составленному плану эксперимента и рассчитаны коэффициенты в уравнении регрессии. Получили следующее уравнение:

$$\Delta\delta = 22,0 + 6,3 \cdot \left(\frac{q-101}{17}\right) + 8,2 \cdot \left(\frac{t-60}{30}\right) - 0,2 \cdot \left(\frac{q-101}{17}\right) \cdot \left(\frac{t-60}{30}\right).$$

После проверки полученных коэффициентов на значимость по критерию Стьюдента и исключения незначимых коэффициентов уравнение регрессии примет вид:

$$\Delta\delta = 22,0 + 6,3 \cdot \left(\frac{q-101}{17}\right) + 8,2 \cdot \left(\frac{t-60}{30}\right).$$

Проверка уравнения по критерию Фишера показала, что получена адекватная модель, т.е. соответствующая экспериментальным данным.

По величине коэффициентов в уравнении регрессии можно судить о влиянии соответствующего фактора на величину определяемого параметра. Характер влияния определяется знаком коэффициента. Знак «плюс» свидетельствует о том, что с увеличением значения фактора растёт величина определяемого параметра, а при знаке «минус» она убывает [5]. В полученной модели все коэффициенты при факторах положительны, поэтому их рост ведёт к увеличению относительного изменения относительного удлинения. Наибольший коэффициент у времени плазменно-электролитной обработки, соответственно, его вклад в повышение пластичности наиболее существенен.

Наиболее благоприятными режимами плазменно-электролитной обработки, с точки зрения увеличения пластичности материала, будут являться режимы при повышенной плотности мощности и большом времени обработки. При этом, поскольку время вносит больший вклад в увеличение деформационных свойств металлоизделия, то более эффективной будет длительная обработка при небольшой плотности мощности, чем обработка за короткое время, но при высокой плотности мощности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Стеблянко В.Л., Пономарев А.П. Улучшение эксплуатационных свойств цинкового покрытия на основе формирования особенностей его структуры при плазменно-электролитной обработке поверхности // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова: журнал. – 2012. – №3. – С. 37-41.

2. Стеблянко В.Л., Пономарев А.П. Анализ влияния технологических параметров процесса плазменно-электролитной обработки на структурно-механические свойства металлоизделий // Актуальные проблемы современной науки техники и образования: материалы 72-й межрегиональной научно-технической конференции. В 2 т. Т. 1 / под ред В.М. Колокольцева. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – С. 258-262.

3. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. - Мн.: ДизайнПРО, 2004. - 640 с.

4. Стеблянко В.Л., Чукин М.В., Пономарев А.П., Барышников М.П., Ефимова Ю.Ю. Закономерности формирования структуры и механических

свойств упрочнённой стальной ленты при плазменном модифицировании поверхности // Актуальные проблемы физического металловедения сталей и сплавов: материалы XXII Уральской школы металловедов-термистов. – Орск: Издательство ОГТИ (филиала) ОГУ, 2014. – С. 172-174.

5. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. – 280 с.